

Wstęp: Głównym problemem współczesnej radioterapii chorych napromienianych z powodu raka gruczołu krokowego jest ruchomość stercza względem kości oraz błędy w ułożeniu chorych na stole terapeutycznym. Dlatego też w ostatnich latach jako standard wdraża się systemy radioterapii sterowanej obrazem (IGRT). Spośród wielu technik IGRT stosowane są PortalVision oraz SonArray. PortalVision pozwala na uniknięcie błędów w ułożeniu chorego, ale bez uwzględniania ruchomości gruczołu krokowego, co jest możliwe w systemie SonArray, w którym pozycjonowanie odbywa się względem stercza oraz narządów krytycznych.

Materiał i metody: Badaniem objęto 17 chorych napromienianych w Zakładzie Radioterapii Centrum Onkologii w Gliwicach z powodu raka gruczołu krokowego. U wszystkich jako podstawową metodę weryfikacyjną zastosowano system SonArray. Podczas trzech seansów terapeutycznych przed weryfikacją ultrasonograficzną wykonano zdjęcia portalowe w projekcji przednio-tylnej oraz bocznej, porównując ze sobą uzyskane wyniki.

Wyniki: W weryfikacji portalowej wartość średnia oraz odchylenie standardowe wyrażone w centymetrach wynosiły: w kierunku AP (przód–tył) \bar{x} = 0,12 z SD = 0,14, w kierunku SI (górną–dół) \bar{x} = 0,92 z SD = 0,83 oraz w kierunku LR (prawy–lewy) \bar{x} = 0,25 z SD = 0,24. W systemie SonArray wartości te wynosiły odpowiednio: w kierunku AP 0,37, 0,27, w kierunku SI 0,72, 0,8 oraz w kierunku LR 0,25, 0,25. Porównanie wartości rzeczywistych rozkładów przesunięć wykazało statystycznie znaczącą różnicę pomiędzy wynikami uzyskanymi w obu systemach dla kierunku SI oraz AP.

Wnioski: Wartości przesunięć uzyskane w weryfikacji portalowej względem struktur kostnych nie są tożsame z wartościami uzyskanymi w weryfikacji ultrasonograficznej względem tkanek miękkich. Ponieważ gruczoł krokowy nie jest widoczny na zdjęciach portalowych, weryfikacja ultrasonograficzna wydaje się bardziej wiarygodną metodą kontroli geometrii pól napromieniania.

Słowa kluczowe: IGRT, SonArray, EPID, rak gruczołu krokowego.

Porównanie weryfikacji portalowej i ultrasonograficznej z zastosowaniem systemu PortalVision i SonArray u chorych na raka stercza poddanych radioterapii

Comparison of portal and ultrasound verification using PortalVision and SonArray during radiotherapy in prostate cancer patients

Dawid Bodusz, Leszek Miszczyk

Centrum Onkologii – Instytut im. M. Skłodowskiej-Curie, Oddział w Gliwicach

Wstęp

Rak gruczołu krokowego jest nowotworem, w którym efekt terapeutyczny zastosowanej radioterapii ściśle koreluje z podaną dawką promieniowania [1–4]. Eskalacja dawki w obszarze napromieniania wiąże się również ze zwiększeniem ryzyka wystąpienia odczynów popromiennych ze strony narządów krytycznych [5, 6]. W związku z powyższym, eskalując dawkę, należy ograniczać stosowane marginesy w celu zwiększenia ochrony otaczających tkanek. Takie postępowanie jest możliwe dzięki zastosowaniu nowoczesnych technik radioterapii, pozwalających nie tylko na tworzenie precyzyjnych planów leczenia, ale również na kontrolę geometrii pól napromieniania. W tym celu w ostatnich latach jako standard wdraża się procedury radioterapii sterowanej obrazem (*image guided radiation therapy* – IGRT), które pozwalają na precyzyjne pozycjonowanie chorych oraz lokalizację obszaru tarczowego [7]. Wśród systemów IGRT możemy wyróżnić: PortalVision™ umożliwiający weryfikację portalową [8], 2D-2D kV pozwalający na wykonanie dwóch prostopadłych do siebie zdjęć rentgenowskich [7, 9, 10], CBCT (*cone-beam computed tomography*), czyli tomografię komputerową jedną wiązką kilowoltową [7, 9, 10], ExacTrac® InfraRed X-Ray 6D bazujący na pozycjonowaniu przy zastosowaniu systemu na podczerwień i wykonaniu dwóch zdjęć rentgenowskich w projekcji skośnej (pod kątem 45°) [11] oraz SonArray™ wykorzystujący ultradźwięki [12, 13].

Cel pracy

Celem pracy jest porównanie dwóch metod weryfikacyjnych stosowanych w pozycjonowaniu chorych na raka stercza z wykorzystaniem systemu PortalVision oraz systemu SonArray. Obie metody oparte są na odmiennym sposobie obrazowania narządów wewnętrznych, umożliwiającym weryfikację w stosunku do struktur kostnych lub tkanek miękkich. Różnice w wynikach uzyskanych pomiędzy weryfikacją w stosunku do struktur kostnych a weryfikacją w stosunku do tkanek miękkich mogą świadczyć o ruchomości wewnętrznej gruczołu krokowego względem kości.

Materiał i metody

Analizowany materiał obejmował 17 chorych w stopniu zaawansowania T1–3 N0 M0 napromienianych z powodu raka gruczołu krokowego przy zastosowaniu radioterapii konformalnej 3D lub IMRT. Średnia wieku wynosiła

Background: The main problems of contemporary radiotherapy in prostate cancer patients are prostate mobility and setup errors. Therefore, a new radiotherapy technique, image-guided radiotherapy (IGRT), was implemented. From the various available image-guided techniques, two – PortalVision and SonArray – were compared. PortalVision allows one to avoid setup errors but excludes prostate mobility. SonArray, based on ultrasound, enables visualization of soft tissues and precise target localization.

Material and methods: Seventeen prostate cancer patients were treated in the Radiotherapy Department of the Centre of Oncology in Gliwice using conformal radiotherapy or IMRT technique. The prime method of patient positioning was ultrasound verification. During several treatment sessions, before ultrasound, portal images in AP and lateral projection were taken. Next, shifts calculated on the basis of PV were compared to shifts calculated with SonArray.

Results: The means and standard deviations of shifts (cm) in EPID (portal verification) were: 0.12 with SD = 0.14 in anterior-posterior (AP) direction, 0.92 with SD = 0.83 in superior-inferior (SI) direction and 0.25 with SD = 0.24 in left-right (LR) direction. In ultrasound verification, the means and standard deviation of shifts in AP, SI and LR directions were: 0.37 cm with SD = 0.27 cm, 0.72 cm with SD = 0.80, and 0.25 cm with SD = 0.25 cm, respectively. A significant difference was found for anterior-posterior ($p = 0.0000005$) and superior-inferior ($p = 0.0416461$) direction.

Conclusions: The shifts calculated on the basis of PV are different from those calculated with SonArray. Because the prostate is invisible in portal images, patient positioning based on ultrasound is probably a more reliable method which enables better correction of irradiated prostate cancer patients' position.

Key words: IGRT, SonArray, EPID, prostate cancer.

67 lat (zakres: 49–85 lat). U wszystkich badanych jako podstawową metodę weryfikacyjną zastosowano system SonArray. Jako stabilizatora użyto maski termoplastycznej (Orfit). Wszyscy chorzy byli napromieniani przy użyciu dawki frakcyjnej 2 Gy do dawki całkowitej 76 Gy.

Podczas trzech seansów terapeutycznych przed weryfikacją ultrasonograficzną wykonano zdjęcia portalowe w projekcji przednio-tylnej oraz bocznej, wykorzystując platformę PortalVision. Wykonanie dwóch zdjęć prostopadłych do siebie umożliwiło weryfikację położenia chorego w trzech kierunkach: przód–tył (AP), góra–dół (SI) i lewo–prawy (LR). Wykonane zdjęcia portalowe poddano analizie, a uzyskane wyniki porównano z wartościami otrzymanymi z systemu SonArray.

PortalVison™ pozwala na uzyskanie cyfrowych obrazów radiologicznych zarówno bezpośrednio przed, jak i w trakcie leczenia z wiązki promieniowania [14]. System ten dostępny jest w kilku wersjach, m.in. LC250 oraz aS500 i aS1000 różniących się typem zastosowanych detektorów. LC250 składa się z matrycy komórek jonizacyjnych, natomiast w aS500 i aS1000 detektorem jest krzem amorficzny. System ten pozwala na weryfikację poprawności ułożenia chorego poprzez nałożenie i porównanie uzyskanego obrazu z cyfrowym obrazem z symulatora lub zrekonstruowanym obrazem z systemu planowania leczenia (DRR). Weryfikacja z użyciem programu Offline Review™ jest możliwa do wykonania bezpośrednio na aparacie terapeutycznym, przed rozpoczęciem napromieniania oraz w dowolnej chwili i miejscu. Wykonanie zdjęcia portalowego w opcji przed leczeniem wiąże się z dodatkową ekspozycją. Zdjęcie to uzyskuje się z wykorzystaniem wiązki promieniowania o napięciu przyspieszającym 6 MV dawką równą jednej jednostce monitorowej (1 MU). Ze względu na sposób obrazowania, weryfikacja odbywa się względem struktur kostnych.

SonArray™ to system, który do obrazowania struktur anatomicznych wykorzystuje ultradźwięki, co umożliwi nieinwazyjne i nieobciążone dodatkową dawką promieniowania jonizującego pozycjonowanie chorych na aparacie terapeutycznym. Ponadto system ten jest wyposażony w zintegrowany system kamer na podczerwień, pozwalający na określenie i śledzenie pozycji chorego na stole terapeutycznym. Ze względu na sposób obrazowania, w systemie tym możliwa jest weryfikacja w stosunku do tkanek miękkich, co w przypadku chorych napromienianych z powodu raka gruczołu krokowego ma istotne znaczenie. SonArray ma też pewne ograniczenia. Ponieważ weryfikacja oparta jest na badaniu ultrasonograficznym, aby dobrze zobrazować stercz, chory powinien mieć wypełniony pęcherz. W tym celu zaleca się opróżnienie pęcherza, a następnie wypicie ok. 0,5 l niegazowanej wody mineralnej godzinę przed każdym seansem radioterapii. Ze względu na napromienianą objętość, w trakcie leczenia zmniejsza się zdolność kontrolowania mikcji, co może powodować trudności ze współpracą z chorym i w ocenie obrazu ultrasonograficznego. Czas wykonania weryfikacji przy zastosowaniu systemu SonArray wynosi ok. 5 min [13, 15].

U wszystkich chorych pozycjonowanych za pomocą systemu SonArray jako stabilizator zastosowano maskę termoplastyczną (Orfit), którą zdejmowano po ułożeniu chorego w pozycji terapeutycznej, w celu wykonania badania ultrasonograficznego. Weryfikacji położenia obszaru docelowego dokonywano poprzez nałożenie konturów gruczołu krokowego, pęcherza oraz odbytnicy, określonych na przekrojach z tomografii komputerowej na obraz ultrasonograficzny, w trzech płaszczyznach. W przypadku niezgodności korekta ułożenia chorego następowała poprzez zmianę pozycji stołu terapeutycznego. Następnie sprawdzano prawidłowość wprowadzonych zmian poprzez wykonanie ultrasonografii kontrolnej, podczas której na obraz ultrasonograficzny system automatycznie nakłada kontury z tomografii komputerowej. Jeżeli kontury pokrywały się ze strukturami anatomicznymi widocznymi na obrazie ultrasonograficznym, rozpoczynano sesję terapeutyczną. Jeżeli nie, ponownie przeprowadzano weryfikację.

Do analizy statystycznej, ze względu na brak rozkładu normalnego w badanych próbach, zastosowano test nieparametryczny Wilcoxon. Charakter roz-

kładu zmiennych analizowano testem Kołmogorowa-Smirnowa.

Wyniki

W weryfikacji portalowej wartość średnia oraz odchylenie standardowe (SD) dla wartości bezwzględnych przesunięć wyrażonych w centymetrach wynosiły: w kierunku AP 0,12 z SD 0,14, w kierunku SI 0,92 z SD 0,83 oraz w kierunku LR 0,25 z SD 0,24. W systemie SonArray wartości te wynosiły odpowiednio: w kierunku AP \bar{x} = 0,37 z SD = 0,27, w kierunku SI \bar{x} = 0,72 z SD = 0,8 oraz w kierunku LR \bar{x} = 0,25 z SD = 0,25. Powyższe wyniki przedstawiono w tab. 1.

Dla wielkości rzeczywistych, wartość średnia i odchylenie standardowe (cm) przesunięć zmierzonych w systemie PortalVision wynosiły odpowiednio: w kierunku AP \bar{x} = 0,01, SD = 0,18, w kierunku SI \bar{x} = 0,28, SD = 1,15, w kierunku LR \bar{x} = -0,01, SD = 0,34. W systemie SonArray wartości te wynosiły odpowiednio: w kierunku AP: -0,02, 0,44, w kierunku SI: 0,33, 0,97, w kierunku LR: -0,04, 0,34 (tab. 2.). Rozkład wartości rzeczywistych przesunięć w poszczególnych osiach dla obu systemów przedstawiono na ryc. 1–3. Zarówno dla systemu PortalVision, jak i SonArray największe przesunięcia obserwowano w kierunku ku górze (dogłowo) (tab. 3.).

Porównanie wartości rzeczywistych rozkładów przesunięć wykazało statystycznie znaczącą różnicę pomiędzy wynikami uzyskanymi w obu systemach dla kierunku SI ($p = 0,0009$) oraz AP ($p = 0,000006$). W kierunku LR nie stwierdzono różnic istotnych statystycznie pomiędzy tymi systemami ($p = 0,96$).

Średnia wielkość różnicy z wartości bezwzględnych pomiędzy wynikami uzyskanymi w systemie PortalVision

Tabela 1. Średnia i odchylenie standardowe z wartości bezwzględnych przesunięć w poszczególnych kierunkach, w obu technikach IGRT

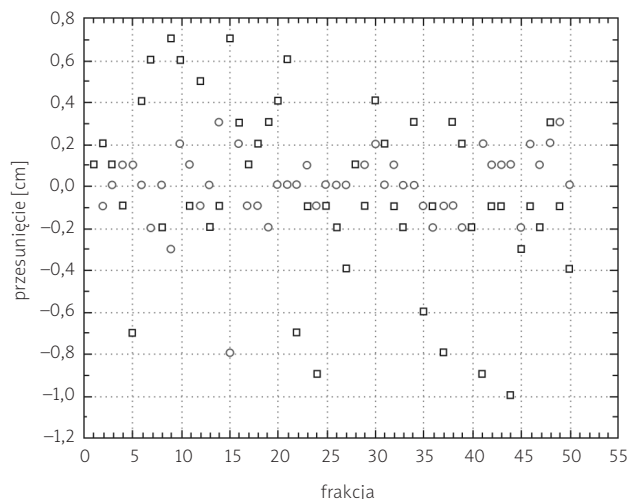
Table 1. Mean and standard deviation of absolute values of shifts in particular directions in both IGRT techniques

Kierunek	Średnia (cm)		Odchylenie standardowe (cm)	
	SonArray	PortalVision	SonArray	PortalVision
AP	0,35	0,12	0,26	0,14
SI	0,67	0,88	0,77	0,79
LR	0,24	0,25	0,24	0,23

Tabela 2. Miary rozrzutu wartości rzeczywistych przesunięć dla poszczególnych kierunków, w obu technikach IGRT

Table 2. Scattering measures of real values of shifts in particular directions in both IGRT techniques

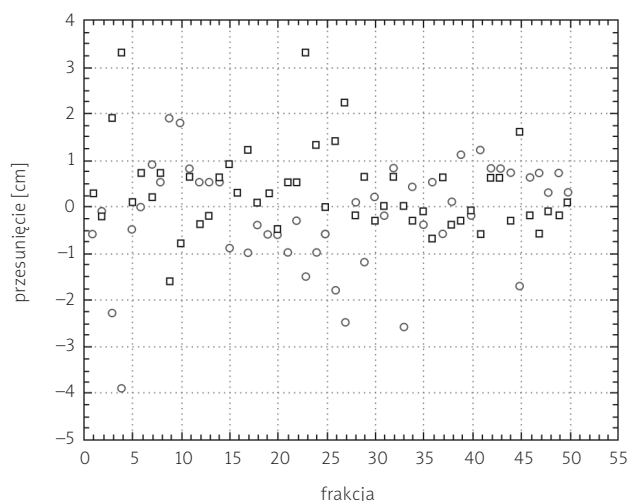
Kierunek	PortalVision				SonArray			
	średnia	wartość najmniejsza	wartość największa	odchylenie standardowe	średnia	wartość najmniejsza	wartość największa	odchylenie standardowe
AP	0,01	-0,3	0,8	0,18	-0,02	-1,0	0,7	0,44
SI	0,28	-1,9	3,0	1,15	0,33	-1,6	3,3	0,97
LR	-0,01	-1,1	0,5	0,34	-0,04	-1,1	0,5	0,34



○PortalVision
□SonArray

Ryc. 1. Rozkład wartości rzeczywistych przesunięć w kierunku przód–tył (AP)

Fig. 1. Distribution of real values of shifts in anterior-posterior (AP) direction



○PortalVision
□SonArray

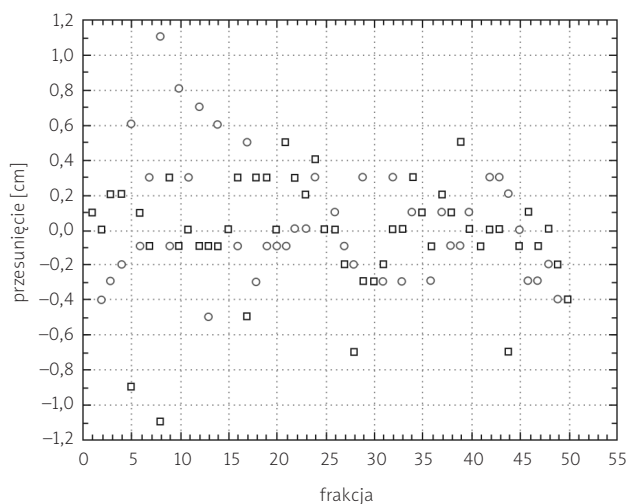
Ryc. 2. Rozkład wartości rzeczywistych przesunięć w kierunku góra–dół (SI)

Fig. 2. Distribution of real values of shifts in superior-inferior (SI) direction

i SonArray przedstawiona została w tab. 4. Największa zmierzona różnica w kierunku AP, SI i LR wynosiła odpowiednio: 1,0 cm, 2,6 cm i 0,9 cm.

Dyskusja

Uzyskane wyniki wskazują na występowanie błędów geometrycznych wynikłego z niedoskonałości systemu unie-



○ PortalVision

□ SonArray

Ryc. 3. Rozkład wartości rzeczywistych przesunięć w kierunku prawo-lewo (LR)

Fig. 3. Distribution of real values of shifts in left-right (LR) direction

Tabela 3. Przesunięcia gruczołu krokowego w sześciu głównych kierunkach

Table 3. Displacements of prostate in six main directions

Kierunek	PortalVision		SonArray	
	średnia	odchylenie standardowe	średnia	odchylenie standardowe
góra	1,06	0,95	0,87	0,93
dół	0,66	0,49	0,41	0,35
przód	0,10	0,16	0,35	0,20
tył	0,16	0,07	0,36	0,31
prawo	0,19	0,14	0,17	0,16
lewo	0,38	0,31	0,32	0,30

Tabela 4. Wyniki porównania wartości rzeczywistych przesunięć w poszczególnych kierunkach wykonanych w systemie PortalVision i SonArray

Table 4. Results of comparison of real values of shifts in particular directions performed in PortalVision and SonArray systems

Kierunek	Różnica pomiędzy wynikami (cm)				
	średnia	odchylenie standardowe	wartość najmniejsza	wartość największa	wartość p
AP	0,34	0,27	0,00	1,00	0,000006
SI	0,50	0,48	0,00	2,60	0,0009
LR	0,29	0,24	0,00	0,90	0,96

ruchamiającego, systemu do pozycjonowania chorych na aparacie terapeutycznym (system laserów) oraz ruchomości wewnętrznej gruczołu krokowego. Weryfikacja portalowa dostarcza nam informacji o błędach powstających w czasie pozycjonowania chorych, nie uwzględniając dodatkowego czynnika, jakim jest ruchomość gruczołu krokowego. Wypadkową obu rodzajów błędów uzyskujemy w weryfikacji ultrasonograficznej, która dokładniej określa położenie klinicznego obszaru napromieniania.

Największą niezgodność ułożenia chorego obserwuje się w kierunku SI, najmniejszą natomiast w kierunku LR [18, 20–22]. Zależność ta jest charakterystyczna dla obu analizowanych systemów weryfikacyjnych. W systemie SonArray, bazującym na weryfikacji ultrasonograficznej, występuje również większy rozrzut wyników w kierunku AP oraz LR w porównaniu z weryfikacją radiologiczną. Podobną zależność odnotowali w pracy Gayou i Miften [22]. Najprawdopodobniej jest to spowodowane ruchomością gruczołu krokowego względem struktur kostnych, indukowaną przez wypełnienie pęcherza moczowego oraz odbytnicy [21].

Porównanie obu metod weryfikacyjnych wskazuje na istnienie znaczących różnic pomiędzy wynikami uzyskiwanymi w tych systemach [12, 13, 16–18]. Różnice te potwierdzają tezę o występowaniu ruchomości wewnętrznej gruczołu krokowego względem struktur kostnych. Zdaniem Little ruchomość ta stanowi podstawowy determinant błędów geometrycznych w napromienianiu chorych na raka gruczołu krokowego [18]. Przyjmując, że powyższe twierdzenie jest prawdziwe w sytuacji, gdy średnia wartość ruchomości stercza jest wyższa niż średnia wartość niezgodności uzyskana w weryfikacji portalowej – analiza uzyskanych wyników pozwala na postawienie podobnego wniosku. Wyniki przedstawione w pracy Peignauxa również pozwalają na takie wnioskowanie [12].

Zastosowanie systemu SonArray, choć cechuje się pewnymi ograniczeniami [13, 15], wydaje się lepszą alternatywą dla weryfikacji portalowej. Obrazowanie tkanek miękkich pozwala na zwiększenie precyzji napromieniania, a przez to na zmniejszenie stosowanych marginesów [21]. Ponadto metoda weryfikacji ultrasonograficznej nie jest inwazyjna i nie wiąże się z dostarczeniem dodatkowej dawki promieniowania, przez co może być bezpiecznie stosowana do codziennego pozycjonowania chorych [12, 13, 20, 21].

Wartości przesunięć uzyskane w weryfikacji portalowej względem struktur kostnych, choć zgodne co do kierunku, nie są tożsame z wartościami uzyskanymi w weryfikacji ultrasonograficznej względem tkanek miękkich. Ponieważ gruczoł krokowy nie jest widoczny na zdjęciach portalowych,

weryfikacja ultrasonograficzna wydaje się bardziej wiarygodną metodą kontroli geometrii pól napromieniania w przypadku chorych leczonych z powodu raka stercza.

Piśmiennictwo

1. Zelefsky MJ, Fuks Z, Hunt M, et al. High dose radiation delivered by intensity modulated conformal radiotherapy improves the outcome of localized prostate cancer. *J Urol* 2001; 166: 876-881.
2. Pollack A, Zagars GK, Smith LG, Lee JJ, von Eschenbach AC, Antolak JA, Starkschall G, Rosen I. Preliminary results of a randomized radiotherapy dose-escalation study comparing 70 Gy with 78 Gy for prostate cancer. *J Clin Oncol* 2000; 18: 3904-11.
3. Pollack A, Zagars GK, Starkschall G, et al. Prostate cancer radiation dose response: results of the M.D. Anderson phase III randomized trial. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2002; 53: 1124-9.
4. Urbańczyk H, Ciechowicz J, Miszczuk L. Wyniki konformalnej radioterapii chorych na raka gruczołu krokowego. *Onkologia Info* 2009; 6: 98-109.
5. Michalski JM, Purdy JA, Winter K, et al. Preliminary report of toxicity following 3D radiation therapy for prostate cancer on 3DOG/RTOG 9406. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2000; 46: 391-402.
6. Lee WR, Hanks GE, Hanlon AL, Schultheiss TE, Hunt MA. Lateral rectal shielding reduces late rectal morbidity following high dose three-dimensional conformal radiation therapy for clinically localized prostate cancer: Further evidence for a significant dose effect. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1996; 35: 251-7.
7. Miszczuk L, Leszczyński W, Szczepanik K, Majewski W. Porównanie dwóch metod radioterapii sterowanej obrazem (IGRT) chorych na raka stercza- CBCT i 2D-2D kV. *Przegl Lek* 2008; 65: 7-8.
8. Chen J, Lee RJ, Handrahan D, Sause WT. Intensity-modulated radiotherapy using implanted fiducial markers with daily portal imaging: assessment of prostate organ motion. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2007; 68: 912-9.
9. Sorcini B, Tilikidis A. Clinical application of image-guided radiotherapy, IGRT (on the Varian OBI platform). *Cancer Radiother* 2006; 10: 252-7.
10. Miszczuk L, Majewski W, Szczepanik K, et al. IGRT of prostate cancer patients based on CBCT and kV image. Comparison of two immobilization systems. *Strahlentherapie und Onkologie* 2007; 183: 72.
11. Michalecki Ł, Wesołowska I, Grządziel A, Śłosarek K, Tarnawski R. Ocena dokładności weryfikacji ułożenia pacjenta z wykorzystaniem systemu ExacTrac Infrared X-Ray 6D w radioterapii stereotaktycznej nowotworów regionu głowy i szyi. *Onkologia Info* 2009; 6: 84-90.
12. Peignaux K, Truc G, Barillot I, Ammor A, Naudy S, Créhanche G, Maingon P. Clinical assessment of the use of the Sonarray system for daily prostate localization. *Radiother Oncol* 2006; 8: 176-8.
13. Bodusz D, Miszczuk L. Weryfikacja położenia gruczołu krokowego przy użyciu ultrasonografii 3D (SonArray) u chorych na raka stercza poddanych radioterapii – prezentacja metody. *Onkologia Info* 2008; 5: 15-20.
14. Grządziel A, Smolińska B, Rutkowski R, Śłosarek K. Epid dosimetry – configuration and pre-treatment IMRT verification. *Rap Pract Oncol Radiother* 2007; 12: 307-12.
15. Bodusz D, Miszczuk L. Porównanie czasów pozycjonowania przy użyciu weryfikacji ultrasonograficznej (SonArray) oraz radiologicznej (2D-2D kV) na przykładzie chorych na raka stercza leczonych promieniami. *Onkologia Info* 2008, 5: 181-7.
16. Serugo CF, Buskirk SJ, Igel TC, Gale AA, Serugo NE, Earle JD. Comparison of daily megavoltage electronic portal imaging or kilovoltage imaging with marker seeds to ultrasound imaging or skin marks for prostate localization and treatment positioning in patients with prostate cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2006; 65: 1585-92.
17. Trichter F, Ennis RD. Prostate localization using transabdominal ultrasound imaging. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2003, 56: 1225-33.
18. Little DJ, Dong L, Levy LB, Chandra A, Kuban DA. Use of portal images and BAT ultrasonography to measure setup error and organ motion for prostate IMRT: implications for treatment margins. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2003; 56: 1218-24.
19. Morr J, DiPetrillo T, Tsai JS, Engler M, Wazer DE. Implementation and utility of a daily ultrasound-based localization system with intensity-modulated radiotherapy for prostate cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2002; 53: 1124-9.
20. Serago CF, Chungbin SJ, Buskirk SJ, Ezzell GA, Collie AC, Vora SA. Initial experience with ultrasound localization for positioning prostate cancer patients for external beam radiotherapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2002; 53: 1130-8.
21. Chandra A, Dong L, Huang E, Kuban DA, O'Neill L, Rosen I, Pollack A. Experience of ultrasound-based daily prostate localization. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2003; 56: 436-47.
22. Gayou O, Miften M. Comparison of mega-voltage cone-beam computed tomography prostate localization with online ultrasound and fiducial markers methods. *Med Phys* 2008; 35: 531-8.

Adres do korespondencji:

Dawid Bodusz

Centrum Onkologii – Instytut im. M. Skłodowskiej-Curie
Oddział w Gliwicach
ul. Wybrzeże Armii Krajowej 15
44-101 Gliwice
e-mail: dawidbodusz@o2.pl